



## 2.1

### Studi Literatur

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur dengan cara mengumpulkan referensi-referensi yang berkaitan dengan audit energi baik dari buku, jurnal dan dari berbagai sumber lainnya.

Referensi yang terkait dengan audit energi dapat dilihat pada penelitian Untoro dkk (2014) melakukan audit energi dan analisis penghematan konsumsi energi pada sistem peralatan listrik di gedung Pelayanan Unila. Didapatkan hasil IKE awal pada setiap gedung berbeda-beda, setelah melalui fase analisa peluang hemat energi maka direkomendasikan untuk mengganti peralatan listrik dari sistem penerangan (lampu) dan sistem pendingin ruangan (AC) agar menghasilkan penghematan energi. Setelah dilakukan perhitungan IKE yang didapat belum melebihi standar IKE untuk gedung ber AC, jadi peralatan listrik dapat dimaksimalkan lagi penggunaannya.

Mulyadi dkk (2013) melakukan analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi penggunaan energi pada gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia. Setelah dilakukan audit energi dan perhitungan IKE, maka diketahui penggunaan energi di gedung tersebut tergolong sangat efisien. Namun efisiensi penggunaan energi listrik pada gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia masih dapat ditingkatkan lagi dengan mematikan lampu-lampu pada titik yang dapat diterangi cahaya matahari serta memasang filter pada peralatan elektronika. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat mengurangi biaya tagihan listrik pada tahun yang akan datang, dimana pada tahun sebelumnya biaya tagihan listrik bisa mencapai Rp.618.308.196.

Supriyadi (2012) mengevaluasi IKE listrik melalui audit awal energi listrik di Kampus Polines. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kasuistik disertai bantuan uji statistik yang digunakan untuk mengevaluasi profil pemakaian energi listrik dan IKE listrik kampus Politeknik Negeri Semarang. Setelah dilakukan evaluasi IKE listrik melalui audit awal energi listrik untuk pemakaian selama kurun waktu 2005 sampai 2010, maka dapat diketahui bahwa penggunaan energi listrik di kampus Politeknik Negeri Semarang masih tergolong efisien. Jika dilakukan upaya penghematan dengan manajemen energi maka untuk penghematan dengan biaya rendah mencapai 5% sampai 15%, penghematan



dengan biaya sedang mencapai 15% sampai 30% dan penghematan dengan biaya besar mencapai 30% sampai 50%.

Sulistyowati (2012) melakukan audit energi untuk efisiensi pemakaian energi listrik di gedung Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengukur parameter listrik, mengidentifikasi hasil pengukuran dan menganalisa hasil pengukuran. Dari analisa data diketahui kondisi kelistrikan di Politeknik Negeri Malang yaitu daya yang tersambung dari PLN tidak mencukupi terhadap beban eksisting yang terpasang, pembebanan yang ada tidak seimbang, 2 unit generator set yang ada belum dapat di sinkronisasi secara otomatis. Maka direkomendasikan untuk menaikkan daya menjadi 555 kVA, kemudian 2 unit genset harus disinkronisasi secara otomatis yang nantinya untuk mem *back up* beban puncak sedangkan saat luar beban disuplai dari PLN dan rekomendasi selanjutnya yaitu melakukan penyeimbangan beban.

Solichan (2010) melakukan audit energi dan konservasi energi sebagai upaya pengoptimalan pemakaian energi listrik pada kampus Kasipah UNIMUS. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah melakukan audit energi awal dan audit energi rinci. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai IKE gedung kampus Kasipah UNIMUS yang masih dibawah standar yaitu 117,4 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, sedangkan nilai IKE standar untuk gedung perkantoran adalah 240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun sehingga ada selisih sebesar 122,6 kWh/m<sup>2</sup> dibawah standar. IKE yang jauh dibawah standar ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan, salah satunya pemakaian energi yang rendah karena dibatasi daya listrik hanya 22 kVA sehingga saat beban puncak penggunaan fasilitas tidak dapat maksimal. Oleh sebab itu, direkomendasikan untuk menaikkan kapasitas daya menjadi 33 kVA agar tidak sering terjadi trip.

Setelah mengumpulkan beberapa literatur, dalam konteks ini penulis juga akan melakukan penelitian tentang audit energi seperti halnya pada beberapa penelitian ilmiah sebelumnya. Akan tetapi, penelitian ini tidak hanya fokus pada audit energinya saja melainkan penulis juga akan merekomendasikan program manajemen energi kepada pihak-pihak terkait tentunya dengan patokan dari hasil audit energi tersebut. Audit energi ini akan dilakukan pada bangunan gedung yang ada di lingkungan kampus Sukajadi UIN Suska Riau.

## 2.2 Energi

Energi berasal dari bahasa Yunani yaitu *energia* yang berarti aktivitas atau kegiatan. Energi terbentuk dari dua suku kata, *en* (dalam) dan *ergon* (kerja). Menurut ilmu



fisika, energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Kemampuan tersebut diukur dengan variabel waktu dan besarnya usaha yang dilakukan.

Energi memiliki beberapa satuan, dalam satuan SI energi dinyatakan dalam joule (J) yang semula ditemukan oleh seorang ilmuwan bernama *James Presecott Joule*, 1 Joule sama dengan energi yang diperoleh suatu benda jika gaya sebesar 1 Newton menggerakkan benda tersebut sejauh 1 meter (Prastyo, 2013). Satuan lain dari energi adalah kWh, Erg dan kalori yang digunakan dalam bidang tertentu disesuaikan untuk kemudahan. *James Presecott Joule* juga menunjukkan menunjukkan hubungan antara kalori dan joule, yaitu: 1 kalori 4,18 joule atau 1 joule 0,24 kalori.

Menurut hukum termodinamika tentang kekekalan energi, energi tidak dapat diciptakan, dikonsumsi atau dihancurkan akan tetapi energi bisa dikonversi ke dalam bentuk lain. Dalam energi juga dikenal dengan istilah entropi yaitu energi yang tidak dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan (Anderson, 2010).

### 2.2.1 Definisi Energi Menurut Beberapa Ahli

1. Menurut *Campbell, Reece, dan Mitchell*, energi adalah kemampuan untuk mengatur ulang suatu materi.
2. Menurut *Michael J. Moran*, energi adalah konsep dasar termodinamika yang menjadi salah satu aspek penting dalam analisis teknik.
3. Menurut *Robert L. Wolke*, energi adalah kemampuan untuk membuat sesuatu terjadi.
4. Menurut *Einstein*, energi merupakan perkalian antara massa dan kuadrat kecepatan cahaya.
5. Menurut *Arif Alfatah dan Muji Lestari*, energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda agar benda dapat melakukan usaha.
6. Menurut *Aip Saripudin*, energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha.
7. Menurut *Alvin Hadiwono*, energi adalah segala sesuatu yang bergerak, serta memiliki hubungan dengan ruang dan waktu.
8. Menurut *Sumantoro*, energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha seperti mendorong atau menggerakkan suatu benda.
9. Menurut *Pardiyono*, energi sebagai suatu bentuk kekuatan yang dihasilkan atau dimiliki oleh suatu benda.
10. Menurut *Mikrajuddin*, energi sebagai kemampuan benda untuk melakukan kerja.





### 2.2.2 Macam-macam Energi

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Energi memiliki beberapa macam bentuk (Mesuji, 2014), diantaranya:

#### 1. Energi Listrik

Energi listrik adalah energi yang berasal dari muatan listrik yang menyebabkan medan listrik statis atau gerakan elektron dalam konduktor (penghantar listrik) atau ion (positif/negatif) dalam zat cair atau gas. Energi listrik merupakan sumber energi utama yang dibutuhkan peralatan listrik, karena pada hakikatnya peralatan listrik yang kita gunakan seperti televisi, mesin cuci, setrika, handphone dan lain-lain menggunakan listrik sebagai sumber energi.

Berdasarkan jenis aliarannya, arus listrik terbagi dua yaitu arus listrik bolak balik atau *Alternating Current* (AC) dan arus listrik searah atau *Direct Current* (DC). Arus AC adalah arus dan besarannya berubah-ubah, jika dilihat dalam osiloskop arus AC akan membentuk gelombang sinusoida. Sedangkan Arus DC adalah arus listrik yang mengalir searah, dimana sumber arusnya berasal dari baterai atau power supply dan jika dilihat dalam osiloskop arus DC akan membentuk garis lurus halus seperti benang. Satuan arus listrik adalah ampere (A), tegangan listrik dengan satuan volt (V) dan daya listrik memiliki satuan watt (W).

#### 2. Energi Kimia

Energi kimia adalah energi yang terdapat atau tersimpan didalam senyawa-senyawa kimia. Energi kimia merupakan energi yang sangat berperan penting bagi makhluk hidup seperti manusia. Dalam metabolisme sel, *Adenosine Three Phosphate* (ATP) merupakan salah satu bentuk energi kimia yang punya peranan penting bagi manusia. Selain itu energi kimia juga terdapat didalam bahan bakar yang kita gunakan sehari-hari seperti bensin dan minyak tanah. Energi ini muncul sebagai proses pemecahan ikatan senyawa kimia dalam struktur sehingga dapat menghasilkan energi.

#### 3. Energi Gerak

Energi gerak merupakan salah satu bentuk dasar energi. Energi gerak dihasilkan dari suatu benda/objek yang bergerak atau berpindah. Ketika benda bergerak atau mengalami perpindahan pada saat itu muncul gerakan energi. Sebagai contoh gerakan air di sungai untuk memutar turbin sehingga menghasilkan listrik.



#### 4. Energi Panas

Energi panas adalah energi yang diubah bentuknya menjadi panas. Energi ini juga dapat timbul karena perubahan bentuk energi lain, contohnya pada energi kimia dalam reaksi matahari yang mengakibatkan munculnya api dan radiasi panas bermigrasi.

#### 5. Energi Nuklir

Energi nuklir adalah energi yang terdapat pada materi atau substansi yang terdiri dari atom dan bahan subatomik seperti elektron, neutron dan proton. Energi nuklir pada dasarnya sama dengan energi kimia, akan tetapi bentuknya lebih spesifik dan membutuhkan usaha ekstra untuk menggunakannya. Energi nuklir dapat diperoleh melalui proses yang cukup rumit, untuk saat ini hanya dapat diperoleh dari bahan radioaktif dan tidak stabil dengan inti berat seperti uranium dan plutonium.

### 2.3 Profil Konsumsi Energi di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia. Jumlah penduduk Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Berdasarkan data yang dirilis oleh CIA World Factbook Tahun 2015, Indonesia berada di urutan ke 4 dari 10 negara dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia setelah China, India dan Amerika Serikat yang masing-masing menempati urutan 1, 2 dan 3. Jumlah penduduk Indonesia per juli 2015 ditaksir mencapai angka 255.993.674 jiwa atau sekitar 3,5% dari jumlah penduduk dunia.

Peningkatan jumlah penduduk tersebut juga diiringi dengan tingginya tingkat pertumbuhan konsumsi energi. Hal ini dapat dilihat dari data yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM yang menyebutkan bahwa dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% per tahun. Sementara itu, pertumbuhan konsumsi energi dunia hanya 2,6% per tahun (VIVAnews, 2012).

Sekretaris Ditjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM, Djadjang Sukarna, menjelaskan konsumsi energi yang tinggi ini menimbulkan masalah dan ketimpangan, yaitu terjadinya pengurasan sumber daya fosil seperti minyak dan gas bumi serta batu bara yang lebih cepat jika dibandingkan dengan penemuan cadangan baru. Bahkan, ia memprediksi jika kondisi ini terus berlanjut, Indonesia akan menjadi *net importer energy* pada 2030 (VIVAnews, 2012).

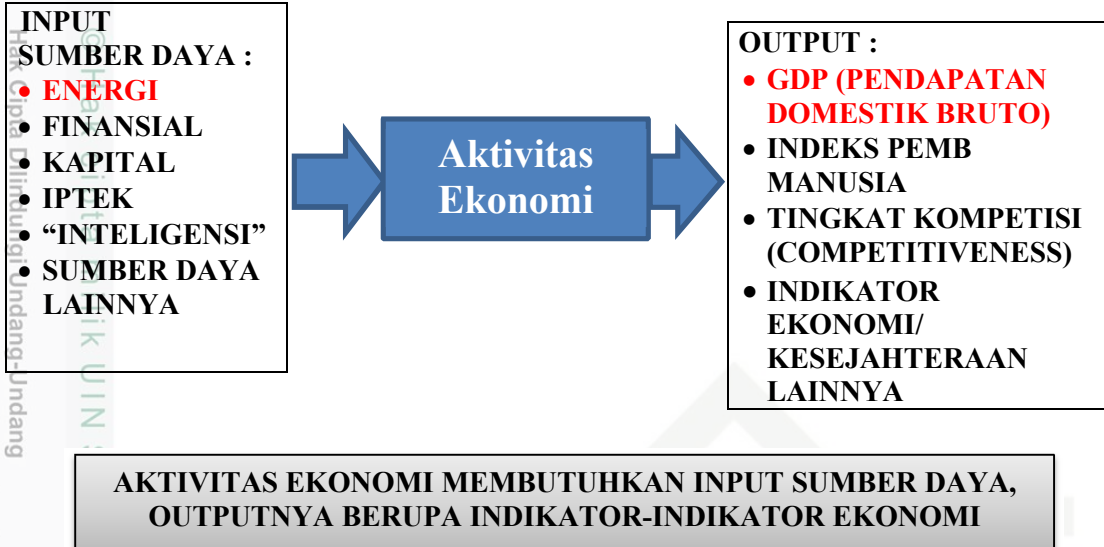


Oleh karena itu, permasalahan ini harus disikapi secara serius oleh pemerintah. Agar kebutuhan energi dalam negeri terpenuhi, pemerintah harus mengambil tindakan dengan membuat suatu kebijakan salah satunya dengan memanfaatkan potensi energi terbarukan serta upaya melakukan konservasi energi. Indonesia merupakan negara yang kaya akan potensi energi terbarukan seperti tenaga surya, energi air, energi angin, biomassa dan lain-lain. Menurut Djadjang Sukarna, potensi energi baru terbarukan di Indonesia bisa mencukupi kebutuhan energi Indonesia hingga 100 tahun mendatang, karena memiliki potensi setara dengan 160 gigawatt (GW).

Selain itu, untuk mengantisipasi terjadinya krisis energi, penggunaan energi secara efisien sangat perlu di optimalkan dalam upaya konservasi energi. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan manajemen energi di berbagai sektor, baik di industri, transportasi, rumah tangga maupun komersial.

### 2.3.1 Energi dalam Aktivitas Ekonomi

Dalam kehidupan sehari-hari, setiap manusia pasti sibuk dengan aktivitas masing-masing atau paling tidak sebagian dari kita pasti sering menyaksikan aktivitas yang dilakukan orang lain, misalnya aktivitas menuntut ilmu, transaksi jual beli dan lain sebagainya. Dari sekian banyak jenis aktivitas yang kita kerjakan baik secara langsung maupun tidak langsung pada dasarnya adalah aktivitas yang berkaitan dengan ekonomi. Agar sebuah aktivitas dapat berjalan dengan baik tentunya diperlukan suatu input, input dari sebuah aktivitas ekonomi dapat berupa sumber daya seperti energi, finansial, kapital, ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), sumber daya manusia dan berbagai sumber daya lainnya.



Gambar 2.1 Bagan Aktivitas Ekonomi  
(Sumber: Gamil, 2010)

Dari gambar 2.1 di atas, dapat dilihat bahwa output dari aktivitas ekonomi menghasilkan tingkat kemakmuran. Dari berbagai jenis input dalam aktivitas ekonomi tersebut, energi merupakan elemen yang paling dominan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagian dari kita bahkan tidak sadar bahwa setiap aktivitas yang kita lakukan mulai dari bangun tidur di waktu pagi sampai tidur lagi di malam hari tidak terlepas akan kebutuhan energi.

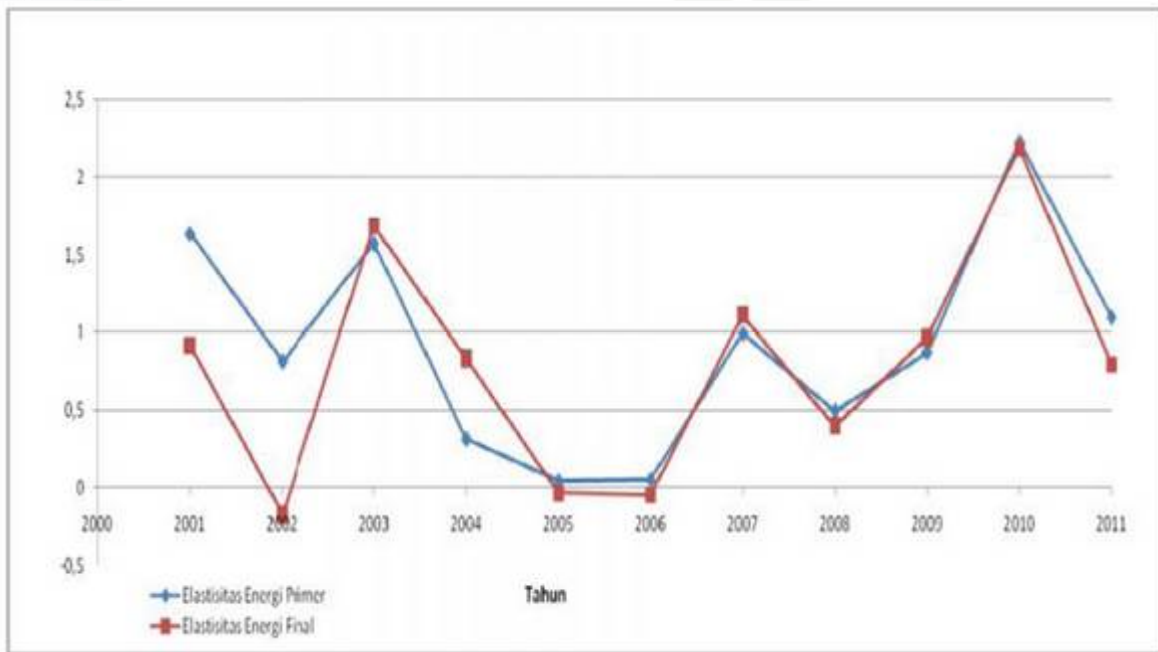
Oleh karena itu, Pendapatan Domestik Bruto atau *Gross Domestic Product* (GDP) dari output yang dihasilkan melalui sumber daya energi dapat dijadikan suatu indikator ekonomi yang dapat diukur langsung secara kuantitatif. Semakin besar GDP per kapita suatu negara maka semakin tinggi tingkat kemakmuran negara tersebut, sehingga GDP dapat dijadikan tolak ukur dan memiliki pengaruh besar pada sebuah negara demi mencapai mencapai tingkat kemakmuran.

### 2.3.2 Elastisitas Energi

Elastisitas energi adalah perbandingan persentase pertumbuhan konsumsi energi dengan persentase pertumbuhan ekonomi, artinya berapa persen pertumbuhan konsumsi energi yang diperlukan untuk mencapai satu persen tingkat pertumbuhan ekonomi. Semakin kecil angka elastisitas energi maka semakin efisien tingkat penggunaan energi pada suatu negara. Penggunaan energi dapat dikategorikan efisien apabila angka elastisitasnya dibawah 1,0 dengan catatan energi yang tersedia harus dimanfaatkan secara optimal.



Menurut riset yang dilakukan oleh PT. Energy Management Indonesia (EMI), angka elastisitas energi di Indonesia mencapai angka 1,84, artinya untuk mendorong pertumbuhan ekonomi sebesar 1% saja maka Indonesia harus menaikkan pasokan energinya sebesar 1,84%. Dengan angka elastisitas tersebut, maka Indonesia termasuk negara yang paling boros energi di ASEAN. Indonesia masih berada dibawah beberapa negara ASEAN seperti Malaysia dengan angka elastisitas 1,69, Thailand 1,16 dan Singapura 1,1 (Gamil, 2010).



Gambar 2.2 Elastisitas Energi di Indonesia

(Sumber: BPPT – Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi, 2013)

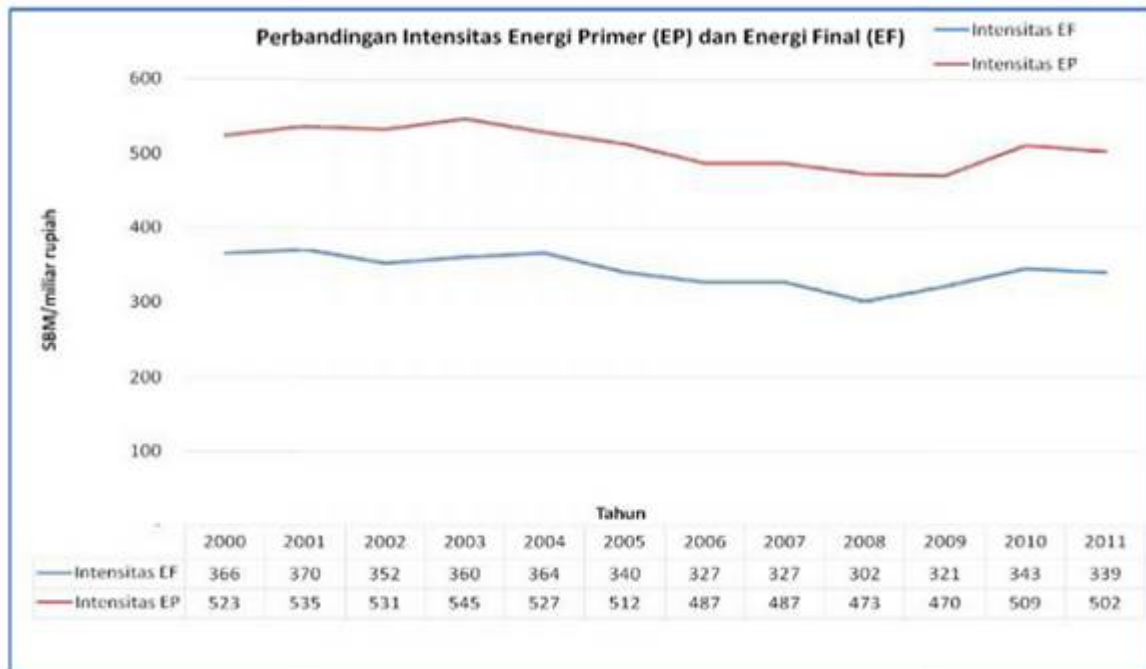
Dari gambar 2.2 dapat dilihat bahwa elastisitas energi di Indonesia mengalami peningkatan dan penurunan, pada tahun 2001 elastisitas energi mencapai angka 1,84 dan kemudian mengalami penurunan pada tahun 2002 di angka 0,8. Elastisitas energi tertinggi terjadi pada tahun 2010 yaitu berada di angka 2,2 dan kembali terjadi penurunan di tahun berikutnya.

### 2.3.3 Intensitas Energi

Intensitas energi adalah jumlah energi yang dibutuhkan (dalam satuan energi) untuk meningkatkan Pendapatan Domestik Bruto (PDB). Selain elastisitas, intensitas energi juga merupakan parameter penting untuk mengukur sejauh mana tingkat efisiensi sebuah negara dalam mengkonsumsi energi, apakah pemanfaatan energi di sebuah negara



sudah cukup produktif atau belum (boros). Semakin rendah angka intensitas energi maka semakin efisien penggunaan energi disebut negara.



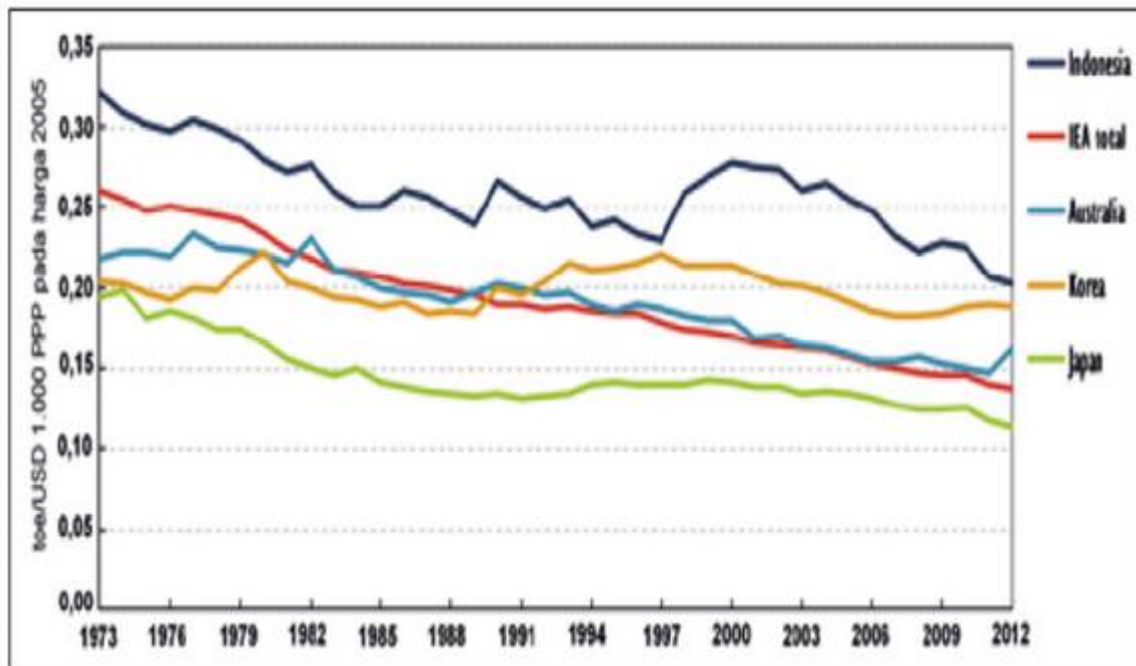
Gambar 2.3 Intensitas Energi di Indonesia (2000 – 2011)

(Sumber: BPPT – Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi, 2013)

Dari gambar 2.3 dapat dilihat bahwa intensitas energi Indonesia juga mengalami peningkatan dan penurunan, seperti pada tahun 2000 hingga 2004. Pada tahun 2000 intensitas energi Indonesia berada di angka 366 SBM/miliar rupiah sedangkan tahun 2004 berada di 364 SBM/miliar rupiah, angka ini terus mengalami penurunan hingga tahun 2011 yaitu 339 SBM/miliar rupiah.

Intensitas energi primer Indonesia pada tahun 2011 adalah sebesar 502 SBM/miliar rupiah, artinya untuk meningkatkan PDB sebesar 1 miliar rupiah Indonesia memerlukan energi sebanyak 502 SBM. Dengan intensitas energi yang terus mengalami peningkatan dan penurunan, mengindikasikan pemanfaatan energi di Indonesia belum produktif.

Pada gambar 2.6 berikut menunjukkan perbandingan intensitas energi Indonesia dan beberapa negara anggota *International Energy Agency* (IEA).



Gambar 2.4 Perbandingan Intensitas Energi beberapa Negara  
(Sumber: Ketahanan Energi Indonesia, 2014)

Dari gambar 2.4 dapat dilihat bahwa intensitas energi Indonesia merupakan yang tertinggi dibandingkan negara anggota IEA seperti Jepang, Korea dan Australia, bahkan nilai intensitas energi Indonesia hampir 2 kali lebih besar dibandingkan Jepang. Hal ini menunjukkan bahwa Jepang lebih efektif dalam pemanfaatan energi untuk menghasilkan 1 unit produk, sedangkan Indonesia memerlukan lebih banyak energi untuk menghasilkan 1 unit produk.

## 2.4 Konsumsi Energi

Konsumsi energi adalah jumlah keseluruhan pemakaian energi pada suatu gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian antara daya dan waktu operasi, misalnya jumlah pemakaian energi listrik pada suatu gedung dalam jangka waktu 1 tahun, dalam 1 tahun tersebut dapat dihitung berapa besar energi yang digunakan dan berapa lama waktu operasi gedung, sehingga diketahui tingkat efisiensi dari pemakaian energi listrik pada gedung tersebut apakah terjadi pemborosan atau sudah memenuhi standar efisiensi.

### 2.4.1 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Salah satu indikator hemat tidaknya suatu bangunan dalam mengkonsumsi energi adalah dengan mengetahui IKE. IKE adalah perbandingan antara konsumsi energi listrik

dalam jangka waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Berdasarkan formula perhitungan dalam Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012 IKE adalah besar energi yang digunakan suatu bangunan gedung perluas area yang dikondisikan dalam satu bulan atau satu tahun. Area yang dikondisikan adalah area yang diatur temperatur ruangnya sedemikian rupa sehingga memenuhi standar kenyamanan dengan udara sejuk disuplai dari sistem tata udara gedung.

$$II\,I = \frac{IIIIIIIIII\,IIIIIIII(II\,I)}{IIIIIIIIII\,(I\,I)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Penentuan nilai Intensitas Konsumsi Energi listrik telah diterapkan di berbagai negara (ASEAN, APEC), dan dinyatakan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup> perbulan (Marzuki, 2012). Di Indonesia telah ditetapkan standar IKE untuk bangunan tidak ber AC dan untuk bangunan yang menggunakan AC, seperti pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.1 IKE bangunan ber AC

Kriteria	Keterangan
Sangat efisien (4,17 – 7,92) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi. b) Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip manajemen energi.
Efisien (7,93 – 12,08) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur. b) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
Cukup efisien (12,09 – 14,58) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Pengguna energi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih memungkinkan. b) Pengoperasian pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi.
Agak boros (14,59 – 19,17) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan. b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.
	a) Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan langkah-



Boros (19,18 – 23,75) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari. b) Instalasi peralatan dan desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi.
Sangat boros (23,76 – 37,5) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Agar ditinjau ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. b) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan.

Sumber: Mulyadi (2013)

Tabel 2.2 IKE bangunan tidak ber AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Pengelolaan gedung dan peralatan energi dilakukan dengan prinsip konservasi energi listrik. b) Pemeliharaan peralatan energi dilakukan sesuai dengan prosedur. c) Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
Cukup efisien (1,68 – 2,5) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi. b) Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan.
Boros (2,6 – 3,34) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari. b) Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.
Sangat boros (3,35 – 4,17) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	a) Instalasi peralatan, desain pengoperasian, dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi. b) Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan. c) Audit energi adalah langkah awal yang perlu dilakukan.

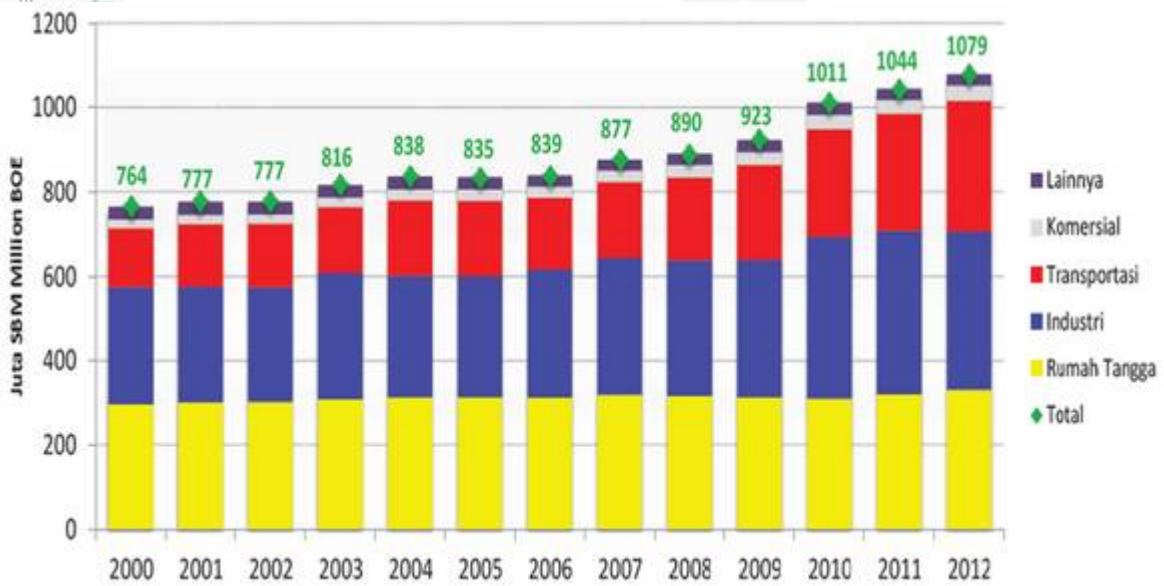
Sumber: Mulyadi (2013)

#### 2.4.2 Konsumsi Energi Final

Meningkatnya laju pembangunan serta meningkatnya pola hidup masyarakat menyebabkan konsumsi energi di Indonesia juga terus meningkat dari tahun ke tahun.

Peningkatan ini terjadi hampir pada semua sektor, baik sektor industri, transportasi, rumah tangga, komersial, pembangkit listrik dan sektor lainnya.

Berdasarkan sektor pengguna, total konsumsi energi final di Indonesia pada tahun 2000 – 2011 terus mengalami peningkatan dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 2,87% per tahun (dengan biomassa). Total konsumsi energi final meningkat dari 764 juta SBM (Tahun 2000) menjadi 1.044 juta SBM (Tahun 2011), seperti yang terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.5 Konsumsi Energi Final Indonesia per sektor

(Sumber: BPPT – *Outlook Energy Indonesia*, 2014)

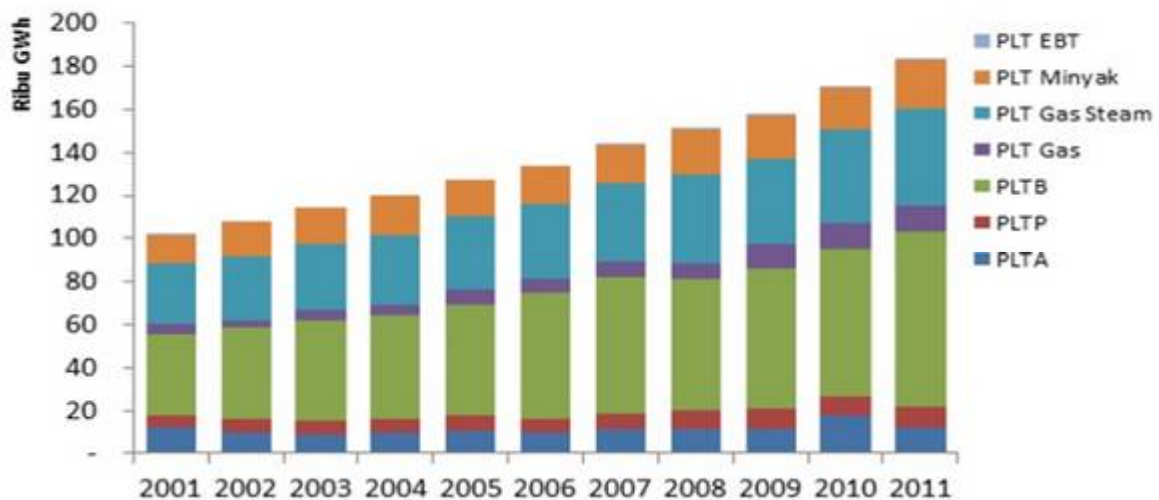
Dari gambar 2.5 dapat dilihat bahwa pada tahun 2000 pangsa konsumsi energi terbesar terdapat pada sektor rumah tangga (38,8%) dan pangsa konsumsi energi terkecil terdapat pada sektor komersial (2,7%). Perubahan terjadi pada tahun 2012, dimana pangsa konsumsi energi terbesar terdapat pada sektor industri (37,2%) dan konsumsi energi terkecil terdapat pada sektor lainnya (2,4%).

### 2.4.3 Kelistrikan

Sebagai satu-satunya produsen listrik di Indonesia, PT. PLN (persero) masih mengandalkan sekitar 80% bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara dan gas untuk menghasilkan energi listrik sedangkan sisanya berasal dari pembelian energi listrik pada pihak swasta dan energi terbarukan seperti air dan angin (pln.co.id 2013). Meskipun Indonesia kaya akan sumber energi terbarukan, namun pada kenyataannya sumber bahan bakar fosil masih sangat mendominasi pembangkit energi listrik yang ada di Indonesia saat

ini. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah faktor biaya/investasi yang masih relatif tinggi sehingga pemanfaatannya belum dapat dimaksimalkan (Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi 2014).

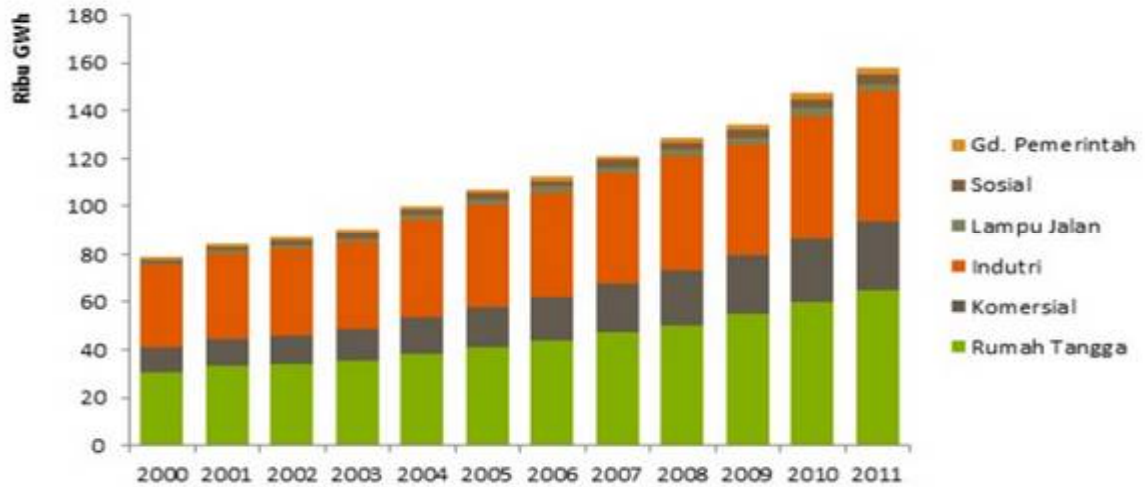
Berdasarkan data Kementerian ESDM, rasio elektrifikasi pada tahun 2014 telah mencapai 84,35%. Pada kondisi kelistrikan nasional sumber energi untuk dapat menghasilkan energi listrik adalah pada batubara, gas dan BBM (Bahan Bakar Minyak). Dari total energi yang dipasok sebesar 183,2 TWh pada tahun 2011 energi terbarukan menyumbang sebesar 21,8 TWh atau 12% dari total energi listrik (Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi 2014).



Gambar 2.6 Produksi Energi Listrik Menurut Jenis  
(Sumber: Kementerian ESDM, 2012)

Menurut Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi 2014, penggunaan energi listrik terbesar didominasi oleh sektor rumah tangga diikuti oleh sektor industri dan komersial. Dari sisi pelanggan listrik, rasio elektrifikasi Indonesia baru mencapai sekitar 72,95% pada tahun 2011. Dengan adanya program percepatan pembangkit listrik 10.000 MW tahap I dan II diharapkan rasio kelistrikan di Indonesia bisa ditingkatkan hingga 100% pada tahun 2020.





Gambar 2.7 Konsumsi Energi Listrik Berdasarkan Pelanggan  
(Sumber: Kementerian ESDM, 2012)

## 2.5 Audit Energi

Audit energi adalah suatu langkah terorganisir untuk mengetahui tingkat konsumsi energi, apakah terjadinya pemborosan atau pemakaian energinya masih tergolong efisien serta mencari peluang penghematan energi dan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Menurut SNI 6196:2011, audit energi didefinisikan sebagai teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara untuk penghematannya.

Audit energi umumnya dilakukan pada bangunan gedung seperti perguruan tinggi, perkantoran, rumah sakit, pusat perbelanjaan dan lain-lain yang notabenenya memerlukan energi yang cukup besar untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Lamanya waktu pelaksanaan suatu audit bergantung pada besar dan jenis fasilitas yang diteliti serta tujuan dari audit itu sendiri (SNI 6196:2011).

### 2.5.1 Tujuan Audit Energi

Dewasa ini, kebutuhan akan energi semakin meningkat terutama energi listrik. Tingkat pemakaian energi listrik dari berbagai sektor setiap tahunnya juga terus mengalami peningkatan yang signifikan. Akan tetapi, ketersediaan energi yang semakin menipis menjadi masalah serius untuk saat ini dan masa yang akan datang.

Oleh karena itu, audit energi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat pemakaian energi, sehingga dapat diketahui apakah tingkat pemakaian energinya masih

dalam standar efisien atau malah terjadi pemborosan. Apabila terjadi pemborosan dan telah diketahui penyebab-penyebabnya, maka langkah selanjutnya mencari solusi untuk meminimalisir tingkat pemborosan tersebut dan memberi masukan berupa rekomendasi hemat energi kepada pihak terkait dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi.

### 2.5.2 Jenis Audit Energi

Menurut SNI 6196:2011, audit energi terbagi atas bermacam-macam jenis dimana tiap jenis memiliki fungsi masing-masing. Adapun jenis-jenis audit energi tersebut adalah:

#### 1. Audit Energi Singkat (*Walk Through Audit*)

Audit energi singkat merupakan kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

#### 2. Audit Energi Awal (*Preliminary Audit*)

Audit energi awal merupakan kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

#### 3. Audit Energi Rinci (*Detailed Audit*)

Audit energi rinci merupakan kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit.

### 2.6 Konservasi Energi

Konservasi energi merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mengefisienkan tingkat pemakaian energi agar pemborosan energi dapat dihindarkan, akan tetapi fungsi dan kenyamanan pengguna gedung harus tetap terjaga. Menurut SNI 6196:2011, konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia atau menurunkan kinerja alat.

## 2.7 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan merupakan suatu sistem yang mengatur pencahayaan sesuai dengan kebutuhan visual yang dibutuhkan. Setiap ruangan pastinya membutuhkan sistem pencahayaan yang baik dengan kualitas penerangan yang memenuhi standar, karena sistem pencahayaan yang baik akan memberikan dampak positif berupa kenyamanan bagi pengguna ruangan. Selain itu, dampak negatif dari sistem pencahayaan juga harus menjadi perhatian mengingat sering terjadinya pemborosan pada penggunaan lampu, misalnya dalam kasus lampu terus menyala pada suatu ruangan diluar jam kerja atau pada ruangan yang kosong. Penggunaan lampu harus sesuai dengan standar pencahayaan pada suatu ruangan dimana segala aspek harus selalu diperhatikan. Hildegardis (2013) dalam risetnya mengemukakan beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam sistem pencahayaan diantaranya:

1. Penentuan intensitas cahaya
2. Pemakaian sumber
3. Pemusatan/pengarahan cahaya pada tempat dimana cahaya dibutuhkan
4. Pembatasan cahaya dalam tempat tertentu

### 2.7.1 Standar Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan aspek utama yang harus diperhatikan dalam sistem pencahayaan didalam ruangan, untuk mengetahui tingkat intensitas cahaya didalam suatu ruangan diperlukan alat ukur *lux meter*, sedangkan satuan untuk mengukur intensitas cahaya ini adalah lux (hasil akhir jatuhnya cahaya) dan lumen (tingkat cahaya dari sumber). Namun, setiap ruangan memiliki kebutuhan tingkat pencahayaan yang berbeda-beda sesuai fungsi dari masing-masing ruangan. Pada tabel 2.3 dapat dilihat bahwa setiap jenis ruangan memiliki standar pencahayaan yang berbeda-beda.

Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

Ruang	Lux	Keterangan
<b>Ruang Perkantoran:</b>		
Ruang Direktur	350	
Ruang Kerja	350	
Ruang Komputer	350	Gunakan armatur bekas untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor





Ruang Rapat	300	
Ruang Gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang Arsip	150	
Ruang Arsip Aktif	300	
<b>Lembaga Pendidikan:</b>		
Ruang Kelas	250	
Perpustakaan	300	
Laboratorium	500	
Ruang Gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Kantin	200	

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI)

Sedangkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan No.261/MENKES/SK/II/1998, Intensitas Cahaya di ruang kerja dapat ditentukan berdasarkan jenis kegiatan seperti pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Tingkat Intensitas Cahaya di Ruang Kerja Berdasarkan Jenis Kegiatan

JENIS KEGIATAN	TINGKAT PENCAHAYAAN MINIMAL (LUX)	KETERANGAN
Pekerjaan kasar & tidak terus menerus	100	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar & terus menerus	200	Pekerjaan dengan mesin & perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Pekerjaan kantor / administrasi, ruang control, pekerjaan mesin & perakitan/penyusun
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan/warna, pemrosesan, tekstil, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat halus	1500 Tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan ditel	3000 Tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan No.261/MENKES/SK/II/1998 (1998)



Selain itu, juga ditetapkan daya listrik maksimum untuk sistem pencahayaan di dalam bangunan gedung/ruangan per meter persegi dan untuk masing-masing jenis ruangan tidak boleh melebihi daya maksimum yang telah ditetapkan.

Tabel 2.5 Daya Pencahayaan Maksimum yang diizinkan

Jenis Ruangan Bangunan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m)
Ruang Kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
<b>Hotel :</b>	
Kamar Tamu	17
Daerah Umum	20
<b>Rumah Sakit :</b>	
Kamar Pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10

Sumber: Petunjuk Teknis Konservasi Energi Bidang Audit Energi

### 2.7.2 Macam-macam Sistem Pencahayaan

Selain memenuhi standar, untuk mendapatkan pencahayaan yang baik didalam ruangan, maka diperlukan juga sistem pencahayaan yang tepat sesuai dengan standar dan kebutuhan penggunaannya. Menurut *Energy Efficiency Asia* (2008), ditinjau berdasarkan kebutuhan penggunaannya, sistem pencahayaan dapat dibedakan menjadi 5 macam yaitu Sistem Pencahayaan Langsung (*Direct Lighting*), Sistem Pencahayaan Semi Langsung (*Semi Direct Lighting*), Sistem Pencahayaan Difus (*General Diffus Lighting*), Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*Semi Indirect Lighting*) dan Sistem Semi Pencahayaan Tidak Langsung (*Indirect Lighting*).

#### 1. Sistem Pencahayaan Langsung (*Direct Lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda yang perlu diterangi. Sistem ini dinilai paling efektif dalam mengatur pencahayaan, akan tetapi sistem ini memiliki kelemahan yang dapat menimbulkan bahaya serta mengganggu pandangan karena kesilauan, baik disebabkan oleh penyinaran langsung maupun disebabkan oleh pantulan cahaya. Untuk hasil yang optimal, sebaiknya langit-langit, dinding serta benda yang ada didalam ruangan perlu diwarnai cerah agar terlihat menyegarkan.



## 2. Sistem Pencahayaan Semi Langsung (*Semi Direct Lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dengan sistem ini, kelemahan sistem pencahayaan langsung dapat dikurangi. Jika langit-langit dan dinding dipelster putih maka efisien pemantulan 90%, sedangkan apabila dicat putih efisien pemantulan 5-90%.

## 3. Sistem Pencahayaan Difus (*General Diffus Lighting*)

Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Pencahayaan sistem ini termasuk sistem *direct-indirect* yaitu memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya ke atas. Pada sistem ini masalah bayangan dan kesilauan masih ditemui.

## 4. Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*Semi Indirect Lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bawah. Untuk hasil yang optimal, sebaiknya langit-langit perlu dirawat dengan baik. Pada sistem ini masalah bayangan praktis tidak ditemui serta kesilauan dapat dikurangi.

## 5. Semi Pencahayaan Tidak Langsung (*Indirect Lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Agar seluruh langit-langit dapat menjadi sumber cahaya, maka perlu pemeliharaan yang baik. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan sedangkan kerugiannya adalah mengurangi efisiensi cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

### 2.7.3 Persyaratan Pencahayaan

Sistem pencahayaan yang baik tentunya harus sesuai standar dan memenuhi segala persyaratan yang telah ditetapkan. Dalam sistem pencahayaan ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi agar pencahayaan dapat bekerja secara baik. Menurut Hildegardis (2013), sistem pencahayaan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tingkat pencahayaan minimalnya sesuai yang direkomendasikan.
2. Sistem pencahayaan buatan yang dirancang.
3. Daya listrik untuk pencahayaan sesuai maksimum yang diizinkan.
4. Memenuhi tingkat kenyamanan visual.



5. Perancangan sistem pencahayaan alami memanfaatkan semaksimal mungkin pencahayaan siang hari.

#### 2.7.4 Pemilihan Lampu

Sistem pencahayaan yang baik tentunya diharapkan memiliki tingkat pencahayaan sesuai dengan standar yang direkomendasikan serta efisien dalam penggunaan energi. Untuk itu diperlukan beberapa upaya agar dapat memenuhi ekspektasi tersebut, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pemilihan jenis lampu. Pemilihan lampu ini sangat penting dilakukan karena dapat memberikan pengaruh terhadap kualitas cahaya yang dihasilkan baik didalam maupun diluar ruangan, selain itu dengan memilih jenis lampu yang hemat energi setidaknya dapat mengurangi terjadinya pemborosan energi.

##### 1. Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*)

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan dari penyaluran arus listrik melalui filamen yang memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kegunaan dan manfaat lampu pijar dalam kehidupan sehari-hari sangat banyak, salah satunya adalah untuk pemanas kandang ayam dan bayi yang baru lahir tujuannya agar tidak kuning.

Penggunaan lampu pijar memiliki beberapa keuntungan dan kerugian seperti yang diuraikan pada tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Lampu Pijar

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ukuran filamen kecil maka sumber cahaya dapat dianggap sebagai titik sehingga pengaturan distribusi cahaya lebih mudah.</li> <li>- Perlengkapan sangat sederhana dan dapat ditangani dengan sederhana.</li> <li>- Pemakaian sangat luwes.</li> <li>- Biaya awal rendah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memancarkan 12,6 – 17,5 lumen/watt.</li> <li>- Umur pendek (750 – 1000 jam) makin rendah watt makin pendek umurnya.</li> <li>- Untuk negara tropis, panas dari lampu akan menambah beban AC.</li> <li>- Warna yang cenderung hangat (kemerahan), secara psikologis akan membuat suasana ruangan kurang sejuk.</li> </ul>

Sumber: Hildegardis (2013)

##### 2. Lampu TL (*Fluorescent Lamp*)

Lampu TL adalah lampu yang memanfaatkan gas *neon* dan lapisan *fluorescent* sebagai pemendar cahaya pada saat dialiri arus listrik. Lampu ini berbentuk tabung dan



didalam tabung lampu TL terdapat gas, pada saat trngangan tinggi elektroda gas tersebut akan terionisasi sehingga menyebabkan electron-elektron tersebut mengalami pergerakan dan memendarkan lapisan *fluorescent* pada lapisan tabung lampu TL.

Dalam penggunaannya lampu TL juga memiliki keuntungan dan kerugian, beberapa keuntungan dan kerugian lampu TL telah diuraikan pada tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Lampu Fluorescent

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Awet (panjang umur), hingga 20.000 jam (dengan asumsi lama penyalaan 3 jam setiap penyalaan), semakin sering dihidup-matikan umur semakin pendek.</li> <li>- Bentuk lampu yang memanjang menerangi area yang lebih luas dengan cahaya baur.</li> <li>- Warna cahaya yang cenderung putih dingin menguntungkan untuk daerah tropis lembab, karena secara psikologis akan menyejukkan ruangan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Output cahaya terpengaruh oleh suhu dan kelembaban.</li> <li>- Tidak mudah mengatur intensitas cahayanya dengan menggunakan dimmer.</li> <li>- Warna keputihan cenderung tidak alami, terutama untuk warna kulit.</li> <li>- Kecerobohan pemasangan balas sering menimbulkan bunyi dengung yang mengganggu dan melelahkan.</li> <li>- Menimbulkan efek cahaya yang bergetar pada arus ac, sedangkan arus dc pada lampu fluorescent efek cahaya tersebut tidak tampak.</li> </ul>

Sumber: Hildegardis (2013)

### 3. Lampu HID (*High Intensity Discharge*)

Lampu HID adalah lampu yang dapat menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tahan lama, lebih terang dan lebih bagus karena lampu HID menggunakan teknologi xenon yang mampu menghasilkan berpuuluh kali lipat intensitas cahaya dibandingkan lampu lain dengan penggunaan daya yang relatif rendah.

Lampu HID ini memiliki beberapa keuntungan dan kerugian dari segi pemakaiannya, keuntungan dan kerugian penggunaan lampu HID dapat dilihat pada uraian tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8 Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Lampu HID

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<p>Lebih awet dari lampu pijar dan kadang-kadang lebih awet dari lampu fluorescent.</p> <p>Pendistribusian cahaya lebih mudah dibanding lampu fluorescent.</p> <p>Biaya operasional sangat rendah.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efikasi lampu HID jauh lebih tinggi dari lampu pijar dan fluorescent.</li> <li>- Tidak seperti lampu fluorescent, lampu HID tidak terpengaruh oleh variasi suhu dan kelembaban lingkungan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya awal sangat tinggi.</li> <li>- Harga lampu lebih mahal dari jenis lain, sehingga dapat mempengaruhi biaya penggantian lampu.</li> <li>- Sama halnya dengan lampu fluorescent, lampu HID juga memerlukan balas yang dapat mengeluarkan suara mengganggu.</li> <li>- Lampu membutuhkan waktu sekitar 8 menit untuk bersinar secara penuh.</li> <li>- Beberapa lampu dapat mengeluarkan cahaya ungu-ultra yang dapat mengganggu kesehatan.</li> </ul>

Sumber: Hildegardis (2013)

#### 4. Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED adalah suatu lampu indikator dalam peralatan elektronika yang terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik rendah (sekitar 1,5 volt DC). Fungsi dari lampu LED ini adalah sebagai model lampu masa depan yang dianggap dapat menekan pemanasan global karena efisiensinya. Saat ini lampu LED banyak digunakan untuk penerangan rumah, penerangan jalan, interior/eksterior gedung dan lain-lain.

Dalam penggunaannya lampu LED juga memiliki keuntungan dan kerugian, beberapa keuntungan dan kerugian dari pemakaian lampu LED dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Keuntungan dan Kerugian Pemakaian Lampu LED

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memancarkan lebih dari 40 lumen/watt.</li> <li>- Mempunyai warna yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanpa menambah filter sehingga menghemat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harganya relatif mahal.</li> <li>- Terpengaruh oleh suhu.</li> <li>- Peka terhadap tegangan listrik.</li> <li>- Kualitas warna sering menyebabkan warna objek tidak alami karena spectrum</li> </ul>



<p>biaya.</p> <p>Ukurannya kecil <math>&gt; 2 \text{ mm}^2</math>, sehingga dapat digabung-gabungkan tanpa memerlukan banyak ruang.</p> <p>Dapat dihidup matikan dengan cepat tanpa mengurangi umur.</p> <p>Mudah dipasang dimmer.</p> <p>Mati perlahan-lahan, tidak mendadak.</p> <p>Berumur panjang (35.000 – 50.000 jam).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tahan goncangan.</li> <li>- Dapat difokuskan dengan mudah tanpa tambahan alat.</li> </ul>	<p>cahaya LED berbeda dengan lampu pijar dan matahari.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Blue hazard</i>, lampu LED biru dan putih diduga memancarkan cahaya diatas persyaratan sehingga dapat mengganggu kesehatan mata.</li> <li>- <i>Blue pollution</i>, lampu LED putih memancarkan gelombang warna biru sangat kuat sehingga dapat mengganggu lingkungan.</li> </ul>
---	---

Sumber: Hildegardis (2013)

## 2.8 Konservasi Energi Pada Sistem Tata Udara

Sistem tata udara adalah sistem pengolahan udara yang bertujuan untuk mengendalikan kondisi termal udara, kualitas udara dan penyebarannya di dalam ruangan sehingga dapat memenuhi persyaratan kenyamanan termal pengguna bangunan (SNI 6390:2011).

### 2.8.1 Temperatur Ruangan

Untuk mengukur tingkat kenyamanan pada suatu ruangan terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan. Selain memperhatikan sistem pencahayaan, suhu ruangan juga tidak boleh luput dari perhatian. Suhu pada ruangan harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan standar yang ada, karena suhu ruangan yang baik akan memberikan rasa nyaman bagi pengguna ruangan.

Dewasa ini berbagai cara dapat dilakukan untuk mendapatkan suhu yang nyaman didalam ruangan, salah satunya dengan menggunakan peralatan listrik seperti *Air Conditioner* (AC). Tujuan dari penggunaan AC ini adalah untuk mengubah sirkulasi udara baik suhu maupun kelembabannya, sehingga suhu didalam ruangan dapat berubah menjadi dingin. Namun, penggunaan AC untuk menghadirkan suasana nyaman di dalam ruangan dinilai belum efektif, karena jika suhu didalam ruangan terlalu dingin akan mengganggu kenyamanan pengguna ruangan. Selain itu, dampak yang ditimbulkan dari penggunaan AC

ini juga dinilai sangat beresiko sehingga memerlukan biaya yang cukup besar dari segi finansial dan menyebabkan *global warming* dari segi lingkungan.

Oleh karena itu, untuk menciptakan kondisi yang nyaman didalam ruangan harus mengacu pada standar-standar yang ada. Berdasarkan Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Gedung (2010), tingkat kenyamanan suhu ruangan dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut.

Tabel 2.10 Tingkat Kenyamanan Suhu Ruangan

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
1) Sejuk Nyaman	20,5 °C – 22,8 °C	50 %
Ambang Atas	24 °C	80 %
2) Nyaman Optimal	22,8 °C – 25,8 °C	70 %
Ambang Atas	28 °C	
3) Hangat Nyaman	25,8 °C – 27,1 °C	60 %
Ambang Atas	31 °C	

Sumber: Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Gedung (2010)

## 2.8.2 Komponen Utama Sistem Pendingin / AC

Pada sistem tata udara, terdapat empat komponen utama yaitu kondenser, piranti ekspansi, evaporator, dan kompresor. Setiap komponen mempunyai ciri dan fungsi masing-masing, tetapi secara terintegrasi dan dioperasikan secara bersamaan akan dapat memindahkan energi termal.

### 1. Kompresor (Compressor – CP)

Kompresor adalah komponen yang merupakan jantung dari sistem refrigerasi. Kompresor bekerja menghisap uap refrigeran dari evaporator dan mendorongnya dengan cara kompresi agar mengalir masuk ke kondensor.

### 2. Kondenser (Condenser – CD)

Kondenser adalah komponen di mana terjadi proses perubahan fasa refrigeran, yaitu dari fasa uap menjadi fasa cair sehingga terjadi proses kondensasi (pengembunan). Proses kondensasi akan berlangsung apabila refrigeran dapat melepaskan kalor yang dikandungnya ke lingkungan. Agar kalor dapat lepas, maka suhu kondensasi harus lebih tinggi dari suhu lingkungan.



### 3. Evaporator (*Evaporator* – EV)

Evaporator adalah komponen di mana cairan refrigeran yang masuk ke dalamnya akan menguap. Proses penguapan tersebut terjadi karena cairan refrigeran menyerap kalor yang merupakan beban refrigerasi sistem.

### 4. Piranti Ekspansi (*Expansion Device* – EXD)

Piranti ekspansi adalah komponen yang berfungsi seperti sebuah gerbang yang mengatur banyaknya refrigeran cair yang boleh mengalir dari kondenser ke evaporator. Oleh sebab itu piranti ini sering juga dinamakan *refrigerant flow controller*.

## 2.9 Utilitas / Peralatan Listrik Pendukung

Utilitas adalah peralatan listrik yang digunakan untuk mendukung operasi gedung sehari-hari. Dalam audit energi pada gedung, peralatan listrik yang akan diaudit tidak hanya AC dan lampu yang umumnya sering menyebabkan pemborosan, namun peralatan listrik lain juga tidak menutup kemungkinan bahkan berpotensi terjadi pemborosan energi jika tidak digunakan secara bijak. Beberapa peralatan listrik tersebut diantaranya:

#### 1. Perangkat Komputer

Menurut *Robert H. Blissmer* dalam bukunya yang berjudul *Computer Annual*, komputer adalah suatu alat elektronik yang mampu melakukan beberapa tugas seperti menerima input, memproses input, menyimpan perintah-perintah dan menghasilkan output dalam bentuk informasi. Penggunaan komputer saat ini mempunyai peranan penting dalam menunjang aktivitas sehari-hari khususnya di sektor perkantoran pada kampus Sukajadi UIN Suska Riau.

#### 2. Proyektor / Infocus

Proyektor atau infocus merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan gambar di sebuah layar proyeksi atau permukaan serupa. Dengan menggunakan proyektor, informasi yang akan di sampaikan dapat diproyeksikan ke layar sehingga informasi berupa tulisan, gambar, bagan, dan lain-lain akan menjadi lebih besar dan lebih jelas dilihat (Wikipedia). Penggunaan proyektor sering digunakan untuk mempresentasikan hasil penelitian, makalah, dan sebagainya. Di kampus Sukajadi UIN Suska Riau, proyektor sering digunakan dalam kegiatan perkuliahan, seminar/sidang tesis, rapat dan lain-lain.





### 3. Printer

Printer merupakan sebuah perangkat keras yang dihubungkan pada komputer yang berfungsi untuk menghasilkan cetakan baik berupa tulisan ataupun gambar dari komputer pada media kertas atau sejenisnya (Wikipedia). Pada umumnya printer digunakan secara bersamaan dengan komputer untuk menunjang aktivitas di berbagai sektor. Di kampus Sukajadi UIN Suska Riau khususnya di sektor perkantoran, penggunaan printer sejatinya digunakan bersamaan dengan perangkat komputer.

### 4. Pompa Air

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakkan oleh tenaga mesin untuk memindahkan cairan (fluida) dari satu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut dapat mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan (Trihandoko, 2012). Pompa air di kampus Sukajadi UIN Suska Riau digunakan untuk mengangkat air dari sumur ke penampungan tangki tower.

## 2.10 Standar Audit Energi

Audit energi merupakan kegiatan pengukuran yang memiliki standarisasi, standar yang digunakan dalam melakukan audit haruslah standar yang berlaku secara internasional maupun nasional. Dalam audit energi, fungsi standar dapat menjadi acuan bagi auditor, pemilik, pengelola dan pengguna gedung untuk merancang sistem keenergian pada bangunan gedung dengan tujuan untuk memperoleh bangunan gedung yang hemat energi pada pengoperasian dan pemeliharaannya tanpa mengurangi atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan, produktivitas penghuni gedung serta mempertimbangkan aspek biaya (Nur Hidayanto, 2012).

### 2.10.1 Standar Internasional

#### 1. ISO 50001:2011

ISO 5000:2011 adalah sebuah standar untuk sistem manajemen energi yang dirilis oleh *International Organization for Standardization* (ISO) pada tanggal 15 Juni 2011. Standar ini bertujuan membantu organisasi untuk terus mengurangi tingkat konsumsi energi. Standar ini menetapkan persyaratan untuk mendirikan, melaksanakan, memelihara dan memperbaiki sistem manajemen energi. ISO 50001 menetapkan persyaratan untuk mendirikan, melaksanakan, memelihara dan memperbaiki sistem manajemen energi, dengan tujuan memungkinkan organisasi untuk mengikuti pendekatan yang sistematis

dalam mencapai peningkatan berkelanjutan dari kinerja energi, efisiensi energi, keamanan energi dan konsumsi energi ([www.iso.org](http://www.iso.org)).

## 2. ASHRAE 90.1

ASHRAE 90.1 merupakan sebuah standar yang memberikan persyaratan minimum untuk efisiensi energi pada bangunan kecuali bangunan perumahan yang bertingkat rendah. ASHRAE 90.1 pertama kali diterbitkan pada tahun 1975, standar ini memiliki beberapa edisi dan telah diperbarui setiap edisinya, tujuannya untuk mencerminkan teknologi yang lebih baru dan lebih efisien ([www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)).

### 2.10.2 Standar Nasional

#### 1. SNI 03-6196-2000

SNI 03-6196-2000 merupakan sebuah pedoman untuk melakukan perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan pada bangunan gedung dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan menekan biaya energi tanpa harus mengurangi kualitas kinerjanya.

#### 2. SNI 6196:2011

SNI 6196:2011 merupakan revisi dari SNI 03-6196-2000 tentang prosedur audit energi yang disusun oleh PT. 27-03, Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB). Tujuannya adalah meningkatkan jumlah dan ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam Rapat Konsensus PTEB pada tanggal 12 November 2010 di Jakarta.

#### 3. SNI 03-6197-2011

SNI 03-6197-2011 merupakan sebuah ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung, tujuannya untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

#### 4. SNI 6390:2011

SNI 6390:2011 merupakan sebuah standar yang memuat perhitungan teknis, pemilihan, pengukuran dan pengujian, konservasi energi serta rekomendasi sistem tata

udara pada bangunan gedung secara optimal, sehingga penggunaan energi dapat dilakukan secara efisien tanpa mengorbankan kenyamanan termal pengguna bangunan.

## 2.11 Metode Identifikasi Pemborosan

Setelah melakukan audit energi, tidak jarang kita menemui pemborosan dari pemakaian energi listrik. Pemborosan tersebut terjadi karena berbagai macam penyebab, salah satu penyebabnya adalah dari pemakaian peralatan-peralatan listrik seperti *Air Conditioner* (AC). AC merupakan peralatan listrik yang tergolong boros energi, karena kapasitas daya yang terdapat pada AC cukup besar. Selain itu, peralatan listrik seperti lampu juga dapat menyebabkan terjadinya pemborosan jika tidak digunakan secara bijaksana.

Selain mengetahui pola penggunaan energi, audit energi juga bertujuan untuk mencari potensi penghematan energi, oleh sebab itu untuk mengetahui potensi penghematan energi diperlukan suatu metode identifikasi potensi penghematan energi. Berdasarkan Pedoman Teknis Audit Energi yang dikeluarkan oleh Kementerian Perindustrian, salah satu metode untuk mengidentifikasi pemborosan yang nantinya dapat dikonversi menjadi potensi/peluang hemat energi adalah:

### 2.11.1 Metode 5W + 1H

Metode ini digunakan untuk mencari dimana akar permasalahan terjadinya pemborosan pada peralatan pengguna energi.

1. *Where*, untuk menemukan sumber yang berpotensi terjadinya pemborosan energi.
2. *What*, untuk mengidentifikasi apa yang menyebabkan hingga terjadinya pemborosan energi.
3. *Why*, untuk mengidentifikasi penyebab hal itu bisa terjadi.
4. *Who*, untuk mengidentifikasi siapa yang menyebabkan terjadinya pemborosan energi.
5. *When*, untuk mengidentifikasi kapan terjadinya pemborosan energi.
6. *How*, bagaimana cara mengatasi pemborosan energi dan mengkonversikannya menjadi potensi/peluang hemat energi.

## 2.12 Analisis Peluang Hemat Energi

Setelah peluang hemat energi telah teridentifikasi, tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah menganalisis data peluang hemat energi dengan cara membandingkan potensi hemat energi dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk pelaksanaan





penghematan energi yang direkomendasikan. Analisis data bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi/peluang penghematan energi yang dapat dilakukan dan kemudian menyusun rekomendasi penghematan energi berdasarkan kriteria penghematan tanpa biaya, penghematan dengan biaya rendah, penghematan dengan biaya sedang dan penghematan dengan biaya tinggi yang selanjutnya akan ditindaklanjuti oleh pihak UIN Suska Riau selaku pengelola gedung.

Penghematan energi dapat dilakukan tanpa harus mengurangi bahkan mengorbankan kenyamanan penghuni gedung. Analisis peluang hemat energi dapat dilakukan dengan beberapa usaha seperti:

1. Menekan pemakaian energi sekecil mungkin
2. Memperbaiki kinerja peralatan
3. Menggunakan sumber energi yang murah

### **2.13 Metode Analisis Rekomendasi Hemat Energi**

Setelah mengetahui hasil dari audit energi, langkah selanjutnya adalah melakukan rekomendasi hemat energi. Rekomendasi hemat energi adalah suatu masukan berupa usulan-usulan kepada pengguna energi yang bertujuan untuk melakukan perbaikan terhadap pemakaian energi agar lebih efisien. Rekomendasi hemat energi terdiri dari beberapa kriteria, yaitu penghematan tanpa biaya, penghematan dengan biaya rendah, penghematan dengan biaya sedang dan penghematan dengan biaya tinggi.

#### **2.13.1 Penghematan Tanpa Biaya**

Penghematan tanpa biaya merupakan rekomendasi hemat energi yang dilakukan setelah audit energi yang dalam prakteknya tidak memerlukan biaya sepeserpun. Penghematan ini dilakukan dengan cara mengubah pola pemakaian energi yang selama ini mungkin tergolong boros dalam mengkonsumsi energi tanpa mengurangi tingkat kenyamanan pengguna energi. Pemborosan tersebut dapat disebabkan dari pemakaian yang berlebihan, seperti lampu terus menyala pada saat siang hari.

#### **2.13.2 Penghematan Dengan Biaya Rendah**

Penghematan dengan biaya rendah merupakan rekomendasi hemat energi yang mampu menghemat energi sekitar 10% dan pengembalian investasi untuk biaya penghematan energi selama kurang dari 2 tahun.



### 2.13.3 Penghematan Dengan Biaya Sedang

Penghematan dengan biaya sedang merupakan rekomendasi hemat energi yang dapat menghemat energi sekitar 10% sampai 20% dan jangka waktu untuk mengembalikan investasi adalah 2 sampai 4 tahun.

### 2.13.4 Penghematan Dengan Biaya Tinggi

Penghematan dengan biaya tinggi merupakan rekomendasi hemat energi yang dapat menghemat energi lebih dari 20% dan waktu untuk pengembalian investasi lebih dari 4 tahun. Penghematan energi dengan biaya tinggi dapat memberikan dampak yang cukup baik dalam penghematan energi, namun harus ada perhitungan yang matang apakah biaya yang dikeluarkan untuk penghematan seimbang dengan penghematan yang diperoleh.

Dari keempat rekomendasi ini akan dihitung berapa biaya yang akan dibutuhkan jika salah satu dari rekomendasi ini dilakukan dan juga berapa penghematan yang didapatkan setelah dilakukannya penghematan energi.

## 2.14 Sistem Manajemen Energi

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 mengatakan manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien sehingga dapat menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi.

### 2.14.1 Manfaat Manajemen Energi

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia No 30 tahun 2007 tentang energi, bahwa sistem manajemen energi bertujuan untuk kemanfaatan, rasionalitas, efisiensi berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional.

### 2.14.2 Manajer Energi

Menurut Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia nomor 14 pasal 1 ayat 6, manajer energi adalah orang yang ditunjuk untuk melakukan manajemen energi. Oleh sebab itu manajer energi memiliki peranan penting dalam



mengelola dan manajemen penggunaan energi. Beberapa tugas manajer energi diantaranya:

1. Mengorganisir sumber daya manusia
2. Memberikan tugas khusus kepada tim
3. Mempersiapkan kebijakan permasalahan energi
4. Mempersiapkan monitoring energi
5. Mengimplementasikan kepedulian terhadap energi dan pelatihan
6. Mengadakan audit energi baik secara mandiri maupun eksternal
7. Membuat rencana perbaikan sesuai dengan hasil audit
8. Mengimplementasikan proyek perbaikan
9. Membuat laporan hasil pekerjaan secara teratur
10. Membuat laporan hasil pekerjaan tahunan

(www.manajerenergi.com).

## 2.15 Aspek Keselamatan dan Keamanan Kerja (K3) Audit Energi

Menurut Mangkunegara (2002), Keselamatan dan Keamanan Kerja (K3) adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya. Keselamatan, dan Keamanan Kerja (K3) merupakan aspek penting yang harus diperhatikan oleh setiap individu di lingkungan kerja. Hal ini dimaksudkan agar setiap pekerja selalu waspada dan lebih hati-hati dalam bekerja. Tujuan dari manajemen K3 adalah untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya yang timbul baik dari peralatan yang digunakan maupun lingkungan kerja.

Dalam melakukan audit energi, hal yang tidak boleh luput dari perhatian seorang auditor adalah tingkat keamanan. Seorang auditor harus memastikan tingkat keamanan dari segala aspek, baik dari peralatan yang digunakan, objek yang diukur, maupun lingkungan kerja. Hal ini bertujuan untuk menghindari atau paling tidak dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan. Aspek keselamatan dan keamanan dalam kegiatan audit energi dibedakan atas keselamatan dan keamanan auditor dan keselamatan dan keamanan alat ukur.





### 2.15.1 Keselamatan dan Keamanan Auditor

Bagi seorang auditor, resiko akan terjadinya kecelakaan sangat mungkin dialami. Oleh karena itu untuk menghindari resiko terjadinya kecelakaan pada saat melakukan audit energi, maka diperlukan beberapa alat pelindung diri, diantaranya:

1. Helm, berfungsi untuk melindungi dari bahaya jatuhnya benda keras atau terpelanting ke bagian kepala.
2. Sepatu Pengaman, berfungsi untuk melindungi kaki dari bahaya tertimpa, tertusuk, terlindas, bahan kimia, sengatan listrik dan lain-lain.
3. Pelindung Tangan (*Gloves*), berfungsi untuk menghindari bahaya ditangan sewaktu kita melakukan pekerjaan berbahaya misalnya : menangani listrik, bahan kimia, panas, dan barang tajam.
4. Kacamata Pengaman (*Goggles*), berfungsi untuk melindungi mata dari debu, percikan bahan kimia, sepihan serbuk besi, radiasi panas dan cahaya pengelasan.
5. Alat Pelindung Pernapasan (*Masker/Respirator*), berfungsi untuk melindungi dari bahaya gas, debu seperti : gas  $Cl_2$ ,  $SO_2$ ,  $HCl$ ,  $CO$  dan lain-lain.

### 2.15.2 Keselamatan dan Keamanan Alat Ukur

Selain memperhatikan keselamatan dan keamanan auditor, keselamatan dan keamanan alat ukur juga harus diperhatikan pada saat melakukan audit energi, hal ini bertujuan agar alat ukur terhindar dari resiko kerusakan. Ada beberapa hal yang harus dilakukan agar alat ukur terhindar dari kerusakan, diantaranya:

1. Menggunakan parameter yang sesuai dengan pengukuran, seperti jangan menggunakan ohm meter pada rangkaian yang dialiri arus.
2. Memperhatikan batas beban yang dapat diterima alat ukur, jika beban yang diterima alat ukur melebihi batas tentu akan merusak alat ukur.
3. Pada flux meter jangan memberikan perubahan cahaya dengan skala besar yang mendadak pada sensor karena bisa merusak sensor.
4. Periksa ujung colokan pada alat ukur, isolasi pada ujung colokan mengalami kerusakan atau tidak.
5. Menggunakan tombol *hold* pada alat ukur ketika pengukuran mengalami perubahan setiap detik.
6. Memastikan alat ukur yang digunakan telah terkalibrasi terlebih dahulu.



## 2.16 Struktur Laporan Audit Energi

Setelah semua kegiatan audit energi selesai dan semua data yang diperlukan sudah lengkap, maka tahap selanjutnya adalah menyusun semua hasil kegiatan ke dalam bentuk laporan audit energi. Laporan audit energi ini memuat semua aspek yang ditemukan pada saat audit energi berlangsung seperti hasil pengumpulan dan pengolahan data, hasil identifikasi peluang hemat energi (PHE), evaluasi dan analisis peluang hemat energi, kesimpulan serta rekomendasi yang disampaikan kepada pihak UIN Suska Riau.

Berdasarkan Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung dalam SNI 6196:2011, laporan audit energi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Ringkasan eksekutif
2. Latar belakang
3. Pelaksanaan audit energi
4. Potret penggunaan energi
5. Pengelolaan energi
6. Analisis
7. Identifikasi peluang penghematan energi
8. Rekomendasi hemat energi